

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL

HERBERT GURGEL ARAUJO

MANUALIZAÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM ADOBE

FORTALEZA
2009

HERBERT GURGEL ARAUJO

MANUALIZAÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM ADOBE

Monografia submetida à Coordenação do
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial para
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Ricardo Marinho de
Carvalho

FORTALEZA
2009

HERBERT GURGEL ARAUJO

MANUALIZAÇÃO DE CONSTRUÇÕES EM ADOBE

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Ricardo Marinho de Carvalho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Alexandre Araújo Bertini
Universidade Federal do Ceará - UFC

Eng. Civil Ana Paula Sales Andrade Camurça
Universidade Federal do Ceará - UFC

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, José Humberto e Lidia Gurgel, por serem meu maior exemplo e a quem devo tudo o que sou.

À Maria Eduarda, por todo o apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre me guiou em busca dos meus objetivos e me deu força para conseguir concluir o curso.

À minha mãe, Lidia, que sempre me incentivou e acreditou em mim, fazendo de tudo para que eu tivesse condições de alcançá-los.

A meu pai, Humberto que foi o pilar que deu sustentação para que eu pudesse chegar até aqui, sempre me dando incentivo e conselhos importantes.

À minha futura esposa, Maria Eduarda, por todo o companheirismo e comprometimento em me ajudar, sempre me incentivando nos momentos difíceis, sendo o seu amor fundamental para que eu tivesse ânimo para superá-los.

Ao professor Ricardo Marinho de Carvalho pelo incentivo e sugestões dadas para a realização da monografia.

Ao professor Alexandre Araújo Bertini pelo auxílio prestado para a elaboração da monografia e por fazer parte da banca examinadora.

Aos verdadeiros amigos conquistados durante esse curso, Pedro, Jorge Thomas, Hugo, William, Israel, Marconi, Evaldo, dentre outros, pelo apoio prestado e pelos planos feitos e pelas horas de trabalhos e estudos para provas.

A meu amigo Ruberlando por todos os conhecimentos que me passou, me ajudando muito na minha formação de engenheiro, e pelo seu apoio.

Aos meus colegas de trabalho e profissão, Valni, Franzé, Michael e Cleisson, que muito contribuíram para a formação do meu saber.

A todos os colegas e professores do curso que, de alguma forma, contribuíram para a elaboração desta monografia e para a minha formação de engenheiro.

RESUMO

O déficit habitacional é um dos principais problemas sociais enfrentados pelo Brasil. Este déficit também atinge o interior do Estado do Ceará sendo um grave problema enfrentado por suas prefeituras e moradores. Com isso, é necessário que existam técnicas construtivas que possam viabilizar a construção de habitações, principalmente para aqueles que se encontram abaixo da linha da pobreza. Uma dessas técnicas que pode viabilizar tais construções é o adobe devido ao seu baixo custo, pois as matérias primas do tijolo de adobe são terra e água, e por ser um tipo de construção que não causa danos ambientais, se enquadrando assim no contexto das construções sustentáveis. Atualmente o adobe já é usado em alguns municípios do Estado do Ceará, porém a maioria das obras são executadas sem o devido embasamento técnico, devido à falta de informações por parte de quem as executa. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é a realização de um manual de construções em adobe para que as prefeituras e as comunidades tenham informações suficientes para a realização de construções de habitações para pessoas pobres com esse tipo de técnica. Através do manual, o responsável técnico poderá realizar treinamento com pessoas da própria localidade, e até mesmo com futuros moradores, para que estes fiquem aptos a construir casas com tijolos de adobe com qualidade.

Palavras-chaves: Adobe, déficit habitacional, sustentabilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Casa colonial da poetisa Cora Coralina em Goiás.	1
Figura 2.1: Construções em terra no mundo.....	5
Figura 2.2: Evolução do déficit habitacional.....	9
Figura 2.3: Confecção dos tijolos de adobe.....	11
Figura 2.4: Conjunto habitacional em Taos Pluebo – Novo México	12
Figura 2.5: Casario antigo de adobe em torno da Igreja de Nossa Sra da Conceição, em Pedro II, PI.....	13
Figura 2.6: Modelos de adobe típicos.....	16
Figura 2.7: Acréscimo de resistência a compressão em tijolos de adobe com adição de fibra de coco.....	19
Figura 3.1: Camada de solo a ser desprezada.....	22
Figura 3.2: Teste da garrafa.....	23
Figura 3.3: Teste do charuto	23
Figura 3.4: Teste da pastilha.....	24
Figura 3.5: Fôrma para adobe – 7 cm de altura x 22 cm de largura x 40 cm de comprimento	25
Figura 3.6: Fôrma para 4 meios adobes – 7 cm de altura x 22 cm de largura x 20 cm de comprimento.....	25
Figura 3.7: Amassamento com os pés	26
Figura 3.8: betoneira.....	26
Figura 3.9: Secagem dos tijolos ao sol	28
Figura 3.10: Fundação de pedra	29
Figura 3.11: Fundação em tijolo cerâmico	30
Figura 3.12: Elevação das paredes	30
Figura 3.13: Vergas	31
Figura 3.14: Instalações.....	32
Figura 3.15: Cobertas	33
Figura 3.16: Revestimentos	34

Figura 3.17: Pintura a base de cal.....	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Déficit habitacional no Brasil	9
Tabela 2.2– Dimensões de fôrmas.....	16
Tabela 3.1– Moldagem dos tijolos de adobe	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações Iniciais	1
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Metodologia.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Construções em terra crua no mundo e no Brasil	5
2.1.1	Taipa de pilão.....	6
2.1.2	Pau a pique.....	7
2.1.3	Déficit habitacional no Brasil e no Ceará	8
2.2	O Adobe: conceitos e histórico de construções	10
2.2.1	Conceituação de adobe	10
2.2.2	Histórico de construções em adobe	11
2.3	A técnica de construir com adobe	13
2.3.1	Escolha do material e confecção dos tijolos de adobe.....	13
2.3.2	Técnica construtiva	17
2.3.3	Propriedades de construções em adobe.....	18
2.3.4	Vantagens e desvantagens da utilização do adobe.....	20
2.4	Sustentabilidade das construções em adobe.....	20
3	MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM ADOBE	22
3.1	1º passo - Escolha do local de retirada da terra	22
3.2	2º passo – Fabricação dos tijolos.....	24
3.3	3º passo – Execução da fundação	28
3.4	4º passo – Elevação das paredes.....	30
3.5	5º passo – Esquadrias.....	31
3.6	6º passo – Instalações	31
3.7	7º passo – Coberta	32
3.8	8º passo – Acabamentos	33
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
4.1	Análise Geral.....	35
4.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	36
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

As construções em adobe são realizadas em várias partes do mundo desde a antiguidade. A técnica de construir com terra foi largamente utilizada ao longo da história e atualmente ainda é muito usada, inclusive no Brasil. No interior do Estado do Ceará, alguns municípios utilizam essa técnica, geralmente transmitida de geração para geração, criando uma cultura na região.

O adobe pode ser uma solução muito atrativa para o déficit habitacional que historicamente é um dos grandes problemas do Brasil, pois atende aos aspectos econômicos, técnicos e ambientais, ressaltando que esse déficit não se dá apenas nas grandes metrópoles, atingindo também a população do campo.

A questão econômica pode ser verificada tendo em vista que os materiais necessários são terra, água e eventualmente fibra, ambos os materiais de fácil acesso, dependendo da região, e baratos. A mão de obra também é um custo baixo, pois não exige qualificação, sendo necessárias somente orientações.

Segundo Oliveira (2003), as construções em adobe têm boas propriedades térmicas e acústicas devido às características da terra crua, que é o material utilizado. Martins (2004) afirma que a resistência desse material pode ser verificada tanto pela sua dificuldade de desmonte como na sua permanência no tempo, tendo em vista que obras antigas, como a casa colonial da poetisa Cora coralina, ver Figura 1.1, situada no estado de Goiás, permanecem sem problemas estruturais desde que bem executadas.



Figura 1.1: Casa colonial da poetisa Cora Coralina em Goiás.

Fonte: Kawamoto (2000)

A sustentabilidade das construções em adobe é outro ponto que o torna uma alternativa muito atrativa. Oliveira (2003) afirma que o adobe, por ter em sua fabricação matérias primas, que são a terra e as fibras, que podem ser encontradas no próprio local onde será executada a obra em adobe, e por não ter liberação de energia prejudicial ao meio ambiente, se enquadra em uma solução sustentável.

A preocupação com o meio ambiente é uma constante no mundo inteiro. Cada vez mais são utilizados produtos industrializados que geram poluentes tanto na fabricação como na utilização.

Para Kelly (2000) desenvolvimento sustentável envolve três grandes áreas: (1) pessoas vivendo com direito à justiça e igualdade de tratamento; (2) eliminação ou redução da degeneração ambiental; e, (3) as futuras gerações não serem inviabilizadas com os resultados das ações atuais.

Dessa forma, o adobe se torna uma boa solução, pois não emite nenhum componente prejudicial ao meio ambiente devido a sua fabricação ser totalmente manufaturada, utilizando somente força humana. Diferente da maioria dos blocos e tijolos utilizados na execução de alvenarias, o adobe não passa por nenhum processo de queima ou prensa.

Um ponto importante que influencia na escolha do adobe como técnica construtiva é a questão cultural, ou seja, em algumas regiões a população tem o costume de utilizar essa técnica, e em outros locais há certa resistência em usá-la, devido ao não conhecimento e a desconfiança dos moradores, já que a matéria prima é terra.

Mesmo sendo uma técnica simples de ser executada, a construção em adobe pode apresentar problemas devido a uma execução incorreta. Dessa forma, é necessário mecanismos de orientação do produtor dos blocos e do responsável por executar as paredes.

Um dos problemas que essa técnica apresenta é o contato excessivo das paredes com água. Para Di Marco (1984 apud Oliveira 2003), deve-se ter cuidado na execução da fundação, principalmente em locais de águas mais salinas, para que não ocorra a solidificação dos sais, acarretando no aparecimento de fissuras na parede.

Por ser um tijolo composto por material local, o adobe depende muito das características da localidade onde o tijolo será fabricado e executado. Com isso serão focadas as técnicas construtivas levando em consideração os aspectos do estado do Ceará, sendo portando a finalidade do trabalho atingir a essa região.

Através desse trabalho objetiva-se fornecer uma ferramenta capaz de facilitar a execução dessa metodologia construtiva, através de um manual, para que seja mais utilizada pelas prefeituras do interior do Estado do Ceará, onde as características locais tornam esse

tipo de obra viável, e há necessidade de soluções para habitações de baixa renda devido à grande parcela da população não possuir moradia.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é fornecer um manual com a técnica de construir em adobe, contendo todos os sistemas que compõem uma casa executada com este material, tais como; fundação, elevação das paredes, coberta, esquadrias, revestimento, instalações, e a fabricação dos tijolos. O intuito deste manual é fazer com que as prefeituras tenham informações de como construir com adobe.

Para que este objetivo geral seja atingido, os seguintes objetivos específicos foram pretendidos:

- Fornecer estudo dos materiais e equipamentos necessários para construções em adobe;
- Fornecer estudo sobre a sustentabilidade das construções em adobe;
- Fornecer uma síntese das etapas construtivas de uma construção em adobe visando uma melhor qualidade destas;
- Aliar os costumes locais de construções em adobe aos conhecimentos técnicos, não alterando bruscamente o modo praticado no interior do estado do Ceará.
- Desenvolver um manual prático, para que o responsável técnico por implementar os projetos habitacionais possam ter como opção a construção em adobe.

1.3 Metodologia

Esta monografia foi feita com base em pesquisa bibliográfica, onde se estudou a técnica de construir com tijolos de adobe, o déficit habitacional no Brasil e os conceitos de construções sustentáveis, enquadrando o adobe neste grupo de construções não prejudiciais ao meio ambiente.

O manual foi feito com base no que se é praticado atualmente no interior do Estado do Ceará aliando a conhecimentos obtidos com a literatura. Para isso, foi realizada uma visita a Pindoretama - Ce, onde visualizamos uma construção em adobe sendo executada. Os procedimentos descritos no manual são uma união de técnicas retiradas da literatura, buscando aquelas que melhor se adaptem a realidade local.

1.4 Estrutura do Trabalho

Esta monografia se divide em 4 capítulos, descritos a seguir:

O capítulo 1 é a introdução que contém a problematização, justificativas, objetivos e metodologia deste trabalho.

O capítulo 2 é a revisão bibliográfica onde foram abordados os conceitos relativos à construções em adobe, ao déficit habitacional no Brasil e no interior do Estado do Ceará, e à construções sustentáveis.

O capítulo 3 é o manual de construção em adobe, onde as etapas para a edificação de uma habitação neste sistema construtivo foram abordadas.

O capítulo 4 se refere às considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Construções em terra crua no mundo e no Brasil

Ao longo da história o homem observou que poderia utilizar um dos recursos naturais mais abundantes para construção de abrigos, a terra. Com isso, construções em terra foram utilizadas desde a antiguidade pela humanidade. Segundo Silva (2000), a terra crua se trata de um material que normalmente é encontrado disponível, geralmente não requer compra, transportes caros, e nem transformação de caráter industrial, dispensando gastos de energia para a sua produção, e não provocando, portanto, poluição do ar e desmatamento.

No Brasil as construções em terra são executadas desde o período colonial, sendo implementadas no país principalmente pelos seus colonizadores portugueses. Os principais estados que se utilizaram desta metodologia construtiva foram Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Paraná e, principalmente, São Paulo.

Lopes e Alexandria (2008) afirmam que as construções em terra foram e continuam sendo utilizadas em vários países do mundo, como podemos observar na Figura 2.1, e muitas dessas casas já estão de pé há séculos, o que mostra todo o potencial dessa técnica de construção sustentável.



Figura 2.1: Construções em terra no mundo

Fonte: Lopes e Alexandria (2008)

Oliveira (2003) diz que “Terra crua é a designação genérica que se dá aos materiais de construção produzidos com solo, porém, sem passar pelo processo de cozimento (queima). Por extensão, é empregada a denominação de arquitetura de terra a toda produção arquitetônica cujo principal material empregado seja a terra crua”.

Podemos citar como exemplo de construções em terra crua o adobe, a taipa de pilão e o pau a pique. Ambas as técnicas são utilizadas largamente em várias partes do mundo, sendo todas as suas propriedades semelhantes, tendo em vista que a matéria prima utilizada na execução é a mesma, diferenciando apenas no modo de execução.

Segundo Silva (2000) “as construções em terra, independente de sua forma, variando conforme a cultura e o clima local, sempre apresentam um resultado final semelhante: paredes sólidas, capazes de resistir tanto aos ventos de alta velocidade das regiões desérticas do Oriente Médio; até a umidade da região chuvosa da Inglaterra - desde que recebam o tratamento necessário, como alicerces altos e telhados com beirais generosos, podendo resistir a chuvas, ventos e à umidade proveniente do solo”.

2.1.1 Taipa de pilão

Silva (2000) afirma que um dos sistemas construtivos mais utilizados na antiguidade, a taipa de pilão era considerada o mais sólido sistema de construção em terra crua, já que as paredes construídas inteiras, monoliticamente, iam se solidificando progressivamente, com o passar dos tempos.

A Taipa de pilão consiste na colocação de terra crua em fôrmas de madeira, compactando-a com um pilão. Essa técnica foi largamente utilizada durante a colonização do Brasil pelos portugueses e ainda hoje existem edificações em boas condições, mostrando que o sistema possui boa durabilidade.

Schmidt (1946 apud Pisani et. al. 2007) comenta sobre os tipos de terras utilizados:

Os solos preferidos eram os vermelhos, vindo a seguir os roxos e os pardos, por apresentarem uma "liga" ou "trabalhabilidade" maior. Deve estar isento de areias ou pedregulhos e de húmus e outros materiais orgânicos, como gravetos e restos de vegetação, pois esses podem afetar a resistência final do material. A terra é removida de uma certa profundidade, para evitar as impurezas acima citadas e por apresentar normalmente um grau de umidade satisfatório, não necessitando da adição de água para compor a dosagem correta. A massa é preparada por meio de esfarelamento do solo; pulverização de água com cuidado para não formar "caroços" e seguido de um amassamento, que pode ser realizado com as mãos ou com os pés. A operação só termina após a obtenção de uma massa homogênea.

Esta metodologia atualmente no Brasil é restringida a áreas rurais, devido à escassez de recursos financeiros, sendo uma boa solução para habitações de baixa renda.

2.1.2 Pau a pique

Construções com pau a pique também se utilizam de terra crua na sua matéria prima e foram, e ainda são bastante utilizadas. Segundo Silva (2000) este sistema consiste em se fazer uma trama de madeira ou bambu, na parte interna da parede e, depois jogar a terra sobre esta trama (pelos lados de fora e de dentro simultaneamente de preferência) e apertá-lo sobre ela com as mãos.

Vasconcelos (1979 apud Silva et. al. 2000) diz que o termo “pau-a-pique” se refere às peças de madeira ou bambu, que são colocadas “a pique” sobre o baldrame, ou seja, perpendicularmente a ele. Essa técnica foi trazida pelos europeus e adaptada ao clima da região, sendo auxiliada pelos índios, através das experiências locais de construção de ocas, durante o período colonial.

Silva (2000) comenta sobre o material utilizado nesse tipo de construção, descrevendo as suas propriedades, como segue abaixo:

A massa do barro para a construção em pau-a-pique, deve ser bastante argilosa e “liguenta”. Isso causa problemas, pois a argila sofre uma retração quando seca, causando rachaduras na parede. Esse problema pode ser solucionado com a terceira camada de revestimento citada acima, pois o cimento ou o cal, e a areia, têm efeito neutralizador sobre a retração da argila. As paredes de pau-a-pique caracterizam-se por sua leveza e pouca espessura de (15 a 20 cm), podendo ser usada tanto para paredes externas como para paredes internas das construções, e também para pavimentos elevados.

Esses métodos construtivos citados, juntamente ao adobe, foram largamente utilizados historicamente. Com o desenvolvimento de novas técnicas construtivas que acirram o mercado da construção civil, as construções em terra ficaram cada vez mais escassas, sendo limitadas as áreas rurais.

Atualmente, no Brasil, e no estado do Ceará, há uma grande preocupação com o déficit habitacional, devido ao grande número de famílias que não tem acesso a moradia, sendo as construções em terra uma alternativa de baixo custo, e que não geram poluição ao meio ambiente, que é outra vertente importante na escolha de um tipo de construção. A seguir esses aspectos serão discutidos mais detalhadamente.

2.1.3 Déficit habitacional no Brasil e no Ceará

O déficit habitacional é um problema que historicamente assola o Brasil. Segundo Lorenzetti (2001) a moradia pode ser considerada uma necessidade básica, como a alimentação e a vestimenta, um bem de raiz que tem a particularidade de necessitar da terra como suporte.

Dessa forma, o problema desse déficit é bem maior do que o fato de uma família não ter moradia. Vários outros aspectos são influenciados por esse motivo, tais como: higiene pessoal, educação devido a não condição de uma pessoa estudar na rua, segurança pública, dentre outros. Outro impacto negativo na sociedade é a diminuição da renda devido ao pagamento de aluguéis, que dependendo da renda familiar, corresponde a uma parcela considerável desta.

A Fundação João Pinheiro (2006) afirma que o déficit habitacional no Brasil estimado em 2006 é de 7,935 milhões de domicílios, a maioria localizada nas áreas urbanas, 6,543 milhões. Este fato pode ser justificado pelo grande êxodo, onde as pessoas se deslocam da zona rural para as grandes metrópoles, em busca de melhores condições de vida. Isso ocasiona um enorme número de famílias sem moradias na zona urbana. Podemos observar os valores na Tabela 2.1.

Baseado nos dados da Fundação João Pinheiro (2006), podemos observar que o estado do Ceará possui um déficit de 414.155 habitações, sendo que quase 98 mil são na zona rural. Esse déficit a cada ano é combatido pelos governos, seja federal, estadual ou municipal. Dessa forma é necessário que se busquem soluções viáveis para sanar este grande problema.

Outro dado retirado da Fundação João Pinheiro é a evolução deste déficit, como pode ser verificado na Figura 2.2.

Essa figura mostra que o problema do déficit não está sendo resolvido, tendo em vista que o total está aumentando com o passar dos anos. Dessa forma, a necessidade de conseguir viabilizar a habitação para pessoas sem acesso a este bem é uma questão que deve ser tratada com urgência pela administração pública.

Tabela 2.1: Déficit habitacional no Brasil

ESPECIFICAÇÃO	DÉFICIT HABITACIONAL				PERCENTUAL DOS DOMICÍLIOS			
	TOTAL	URBANA	RURAL		TOTAL	URBANA	RURAL	
			Total	extensão urbana			Total	extensão urbana
Norte	831.703	619.072	212.631	4.164	22,0	21,5	23,7	13,1
Rondônia	71.977	51.929	20.048	3.107	16,5	17,4	14,6	12,3
Acre	28.933	22.446	6.487	-	17,8	18,9	15,0	-
Amazonas	199.555	160.147	39.408	397	24,4	25,2	21,6	11,1
Roraima	21.061	18.276	2.785	-	20,7	22,1	14,7	-
Pará	418.368	304.705	113.663	660	23,9	22,7	27,5	23,5
<i>RM Belém</i>	<i>127.253</i>	<i>124.501</i>	<i>2.752</i>	<i>660</i>	<i>23,8</i>	<i>23,8</i>	<i>22,9</i>	<i>23,5</i>
Amapá	20.054	18.863	1.191	-	14,0	14,1	12,5	-
Tocantins	71.755	42.706	29.049	-	19,8	15,9	30,8	-
Nordeste	2.684.536	1.837.712	846.824	8.125	19,5	18,1	23,3	11,2
Maranhão	543.117	274.930	268.187	3.312	36,5	26,8	57,9	25,0
Piauí	158.331	93.316	65.015	-	20,0	18,8	22,1	-
Ceará	414.155	316.406	97.749	-	19,0	18,6	20,6	-
<i>RM Fortaleza</i>	<i>175.488</i>	<i>171.272</i>	<i>4.216</i>	<i>-</i>	<i>18,9</i>	<i>19,0</i>	<i>16,2</i>	<i>-</i>
Rio Grande do Norte	135.119	97.647	37.472	2.349	16,2	15,8	17,4	11,4
Paraíba	170.358	131.320	39.038	-	17,3	16,8	19,3	-
Pernambuco	403.842	317.256	86.586	1.030	17,2	17,1	17,6	3,6
<i>RM Recife</i>	<i>199.598</i>	<i>192.458</i>	<i>7.140</i>	<i>-</i>	<i>18,9</i>	<i>18,6</i>	<i>31,5</i>	<i>-</i>
Alagoas	130.363	85.298	45.065	1.434	16,7	15,6	19,3	14,3
Sergipe	92.729	76.702	16.027	-	16,3	16,3	16,1	-
Bahia	636.522	444.837	191.685	-	16,7	16,8	16,5	-
<i>RM Salvador</i>	<i>149.028</i>	<i>146.311</i>	<i>2.717</i>	<i>-</i>	<i>14,7</i>	<i>14,6</i>	<i>15,2</i>	<i>-</i>
Sudeste	2.935.266	2.794.148	141.118	9.856	12,0	12,3	7,8	5,9
Minas Gerais	721.117	646.517	74.600	-	12,6	13,2	9,1	-
<i>RM Belo Horizonte</i>	<i>172.593</i>	<i>171.965</i>	<i>628</i>	<i>-</i>	<i>11,6</i>	<i>11,7</i>	<i>3,3</i>	<i>-</i>
Espírito Santo	126.821	113.524	13.297	-	12,0	13,0	7,5	-
Rio de Janeiro	608.833	596.207	12.626	896	11,8	11,9	8,4	5,0
<i>RM Rio de Janeiro</i>	<i>457.839</i>	<i>454.553</i>	<i>3.286</i>	<i>-</i>	<i>11,7</i>	<i>11,7</i>	<i>12,9</i>	<i>-</i>
São Paulo	1.478.495	1.437.900	40.595	8.960	11,7	12,0	6,1	6,0
<i>RM São Paulo</i>	<i>723.936</i>	<i>705.261</i>	<i>18.675</i>	<i>8.082</i>	<i>12,1</i>	<i>12,3</i>	<i>7,9</i>	<i>5,9</i>
Sul	942.668	809.128	133.540	399	11,0	11,3	9,6	6,7
Paraná	354.280	310.302	43.978	399	11,2	11,5	9,4	6,7
<i>RM Curitiba</i>	<i>115.330</i>	<i>110.730</i>	<i>4.600</i>	<i>399</i>	<i>11,7</i>	<i>12,3</i>	<i>5,6</i>	<i>6,7</i>
Santa Catarina	226.643	195.947	30.696	-	12,4	12,8	10,1	-
Rio Grande do Sul	361.745	302.879	58.866	-	10,2	10,4	9,4	-
<i>RM Porto Alegre</i>	<i>141.633</i>	<i>136.808</i>	<i>4.825</i>	<i>-</i>	<i>10,5</i>	<i>10,7</i>	<i>7,1</i>	<i>-</i>
Centro-Oeste	540.546	483.409	57.137	1.017	13,6	14,1	10,5	15,1
Mato Grosso do Sul	90.739	81.087	9.652	-	13,3	13,8	10,2	-
Mato Grosso	118.861	96.392	22.469	-	14,2	15,1	11,4	-
Goiás	202.275	183.265	19.010	-	11,6	11,9	9,0	-
Distrito Federal	128.671	122.665	6.006	1.017	18,5	18,6	15,7	15,1

Fonte: Fundação João Pinheiro (2006)

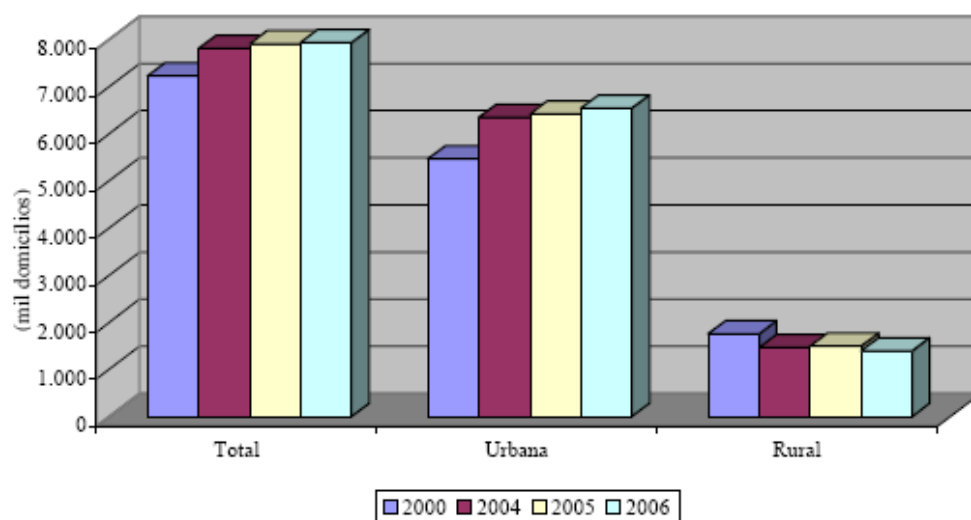


Figura 2.2: Evolução do déficit habitacional

Fonte: Fundação João Pinheiro (2006)

Como citado anteriormente, o déficit no Interior do Estado do Ceará é considerável, pois segundo os dados da fundação, 98 mil pessoas não têm acesso à moradia. Com isso, as soluções em terra crua constituem uma das alternativas que podem viabilizar a aquisição de uma habitação, principalmente atingindo as pessoas que vivem em situações precárias, podendo ser enquadradas como abaixo da linha da pobreza.

Para resolver esse problema do déficit habitacional, é necessário que ocorram construções de novas moradias. Atualmente uma questão que vem ganhando cada vez mais destaque no contexto da construção civil é a preocupação com o meio ambiente.

Dessa forma, é necessário que se busquem alternativas que resolvam ambos os problemas. Mais adiante veremos que o adobe pode ser essa solução, pois se enquadra dentro do contexto de construções sustentáveis.

2.2 O Adobe: conceitos e histórico de construções

2.2.1 Conceituação de adobe

Dethier (1982 apud Silva 2000) afirma que “adobe é uma palavra de origem árabe, que foi assimilada pelo espanhol e transmitida às Américas, onde foi adotada também pelo idioma inglês. E significa tijolos de terra crua”.

Segundo Oliveira (2003), O adobe é uma técnica tradicional de alvenaria, onde a principal matéria prima é a terra crua. O processo de fabricação do tijolo de adobe consiste em amassar a terra, deixá-la descansar por alguns dias e, ainda úmido, colocá-la em fôrmas (geralmente de madeira de formato retangular), deixando-a secar ao sol. Atualmente, o tijolo também é feito com processo de secagem a sombra, como será visto mais adiante neste trabalho.

Dessa forma podemos conceituar o adobe como sendo um tipo de construção em terra crua, onde as matérias primas utilizadas na fabricação dos blocos são: a terra, a água e eventualmente fibras, sendo seu processo de fabricação artesanal, sem que ocorra queima do material para a secagem dos tijolos, como pode ser visto na Figura 2.3.



Figura 2.3: Confeção dos tijolos de adobe

Fonte: Alexandria (2006)

O conceito de adobe pode ser apresentado de vários pontos de vistas. Para Gutierrez (1972 apud Oliveira 2003) “o adobe como sistema de construção, se pode descrever como a superposição de blocos de terra misturado com palha, secados ao sol, que se unem entre si com uma argamassa similar a sua constituição interna.” Este conceito está mais ligado ao seu processo construtivo.

Podemos observar que o adobe constitui um método construtivo que pode ser conceituado de vários pontos de vista, dependendo de cada autor. A maneira de construir também pode sofrer pequenas variações como veremos em itens mais adiante.

2.2.2 Histórico de construções em adobe

Assim como os demais tipos de construções em terra, tais como taipa de pilão e o pau a pique, o adobe também foi utilizado largamente ao longo da história do Brasil e do mundo. Segundo Faria (2002 apud Oliveira 2003) a edificação mais antiga ainda em uso, construída em adobe, se localiza no Novo México, na cidade de Taos Pluebo, como podemos ver na Figura 2.4.



Figura 2.4: Conjunto habitacional em Taos Pluebo – Novo México

Fonte: Oliveira (2003)

A utilização de construções em adobe no Brasil teve início no período da colonização. Esta técnica foi inicialmente utilizada na Europa e trazida pelos portugueses para o Brasil, posteriormente sendo difundida e aprimorada em todo o país.

Milanez (1958 apud Oliveira 2003) afirma que os índios desconheciam as técnicas de construção com terra crua, construindo suas habitações essencialmente com madeira roliça (para as paredes) e fibras vegetais (para a cobertura), nas mais diversas tipologias arquitetônicas: habitações isoladas ou agrupadas de formas variadas, mas, basicamente, orgânicas (formas curvas livres).

Oliveira (2003) complementa que foram os portugueses que, com a colonização, introduziram as formas cartesianas e a própria terra crua (na forma de adobe, taipa-de-pilão e pau-a-pique).

A partir do período colonial, o Brasil passou a explorar cada vez mais essa técnica construtiva, descobrindo as suas vantagens e estudando melhorias com o passar do tempo.

Atualmente, com a necessidade de novas técnicas que possam viabilizar a construção de habitações para pessoas de baixa renda, o adobe vem sendo mais estudado, constituindo assim mais uma opção de técnica construtiva para os órgãos competentes. Podemos observar na Figura 2.5 algumas construções realizadas em adobe no Brasil, no município de Pedro II no Piauí, executadas em 1891.



Figura 2.5: Casario antigo de adobe em torno da Igreja de Nossa Sra da Conceição, em Pedro II, PI
Fonte: Alexandria (2006)

Atualmente no Brasil esta técnica tem sido pouco empregada na construção de edificações, contrastando com a realidade de outros países onde esse tipo de construção é vista de forma diferente. Motta (2004) afirma que nos Estados Unidos o uso de construções em adobe é generalizado, sendo inclusive símbolo de status possuir uma casa construída com esse tipo de material, existindo inclusive uma norma que regula os procedimentos.

Dessa forma, a tendência é que esse tipo de construção seja cada vez mais utilizada no Brasil. Para isso é necessário que haja maior divulgação da técnica para que as pessoas tenham menos receio de que podem ocorrer problemas em suas casas, caso sejam feitas em adobe.

2.3 A técnica de construir com adobe

A construção utilizando os tijolos de adobe é bastante simples. A primeira etapa é a confecção dos tijolos, utilizando os materiais locais. Em seguida, é realizada a construção da edificação propriamente dita, como veremos adiante.

2.3.1 Escolha do material e confecção dos tijolos de adobe

Os tijolos de adobe são feitos de forma bastante simplificada e econômica. A mão de obra necessária não requer especialização, e também não é preciso nenhum equipamento específico, fato que torna o adobe bastante atrativo.

As matérias primas básicas para execução dos tijolos são a terra e a água. Existem localidades que utilizam fibras para melhorar certas propriedades do tijolo, como será visto mais adiante.

A escolha do material é a primeira etapa e é fundamental para uma boa qualidade da edificação, pois irá determinar as propriedades finais desta. Oliveira (2003) afirma que a camada superficial de solo, que pode variar de 30 a 40 cm do terreno, geralmente contém muita matéria orgânica, fato que pode ser muito prejudicial para a durabilidade da edificação. Portanto essa camada deve ser desprezada para que não ocorram problemas.

A granulometria do solo que será utilizado na fabricação dos blocos está diretamente ligada à qualidade final dos tijolos. Motta (2004) afirma que para fabricação de tijolos de adobe com resultados estáveis, a relação areia/silte-argila deve ser alta, enquanto a quantidade de pedregulhos deve ser mínima.

Segundo Motta (2004) “é sugerido usar-se 70 a 80% de areia e 30 a 20% de silte e argila, em iguais proporções, embora, na prática, tenha-se verificado que há muitas diferenças na dosagem do material empregado na fabricação de adobes”. Segundo McHenry (1984 apud Oliveira 2003), o ideal para o uso da terra na construção das paredes é o solo conter quatro elementos: areia grossa, areia fina, silte e argila. Essa relação está diretamente ligada com a durabilidade da construção.

Tendo em vista a necessidade do controle da composição granulométrica do material que será utilizado na fabricação dos tijolos, o primeiro ensaio a ser realizado é o de granulometria para saber se o solo fornecerá resultados satisfatórios.

Além do ensaio de granulometria é necessário fazer outros ensaios para verificar as propriedades do solo. Faria (2002 apud oliveira 2003) afirma que os principais ensaios a serem realizados são os seguintes: a) ensaios de determinação do teor de umidade natural do solo e da massa específica aparente do solo em estado solto; b) determinação da concentração de nutrientes e metais no solo; c) determinação da distribuição granulométrica; d) determinação do limite de liquidez e limite de plasticidade ou, ensaios de consistência; e) determinação do limite de contração; e, f) ensaio de absorção do azul de metileno.

Os tijolos de adobe são fabricados fazendo a mistura do solo com água em seguida moldando-se esse material em fôrmas de madeira, posteriormente deixado-as secar. Durante a mistura é acrescentado água no material em proporções controladas, para garantir bons resultados futuros.

Motta (2004) afirma que “para saber, empiricamente, quanto de água é necessário para o preparo do adobe, coloca-se a água a olho e faz-se um sulco de 8 cm de profundidade na

superfície da mistura: se as paredes do sulco tenderem a deslizar uma em relação a outra, a quantidade de água é correta; se ficarem firmes, a mistura está muito seca; caso se juntem tem muita água. Este procedimento é bem simples de ser realizado e deve sempre ser feito, afim de se obter resultados satisfatórios.

De acordo com Faria (2002), “não existe teor de umidade pré-determinado para o amassamento da terra. O único parâmetro para se determinar o teor ótimo de umidade é a trabalhabilidade e plasticidade da terra, ou seja, o mesmo deve ter uma consistência tal que seja possível moldar o tijolo (preenchendo totalmente a fôrma) e tirá-lo da fôrma sem deformação excessiva (popularmente, o tijolo não pode esborrachar)”.

Alexandria (2006) afirma que no dia anterior a retirada da terra, o barreiro deve ser molhado, para ir amolecendo o solo e deixando-o mais plástico.

Oliveira (2003) diz que antes da mistura da terra, a mesma deve passar por uma peneira de malha # 4 mm, para realização do destorroamento desse material, em caso de solos secos. Para solos argilosos, Faria (2002 apud oliveira 2003) diz que o destorroamento pode ser feito com os pés, protegidos com botas.

Após ser adicionada a água na medida correta, é realizada a mistura da massa, também chamada de amassamento do solo. Minke (2001) afirma que após o amassamento da mistura, a mesma deve ser deixada em repouso pelo período de 48 horas, para garantir a homogeneização da massa.

Após esse período, antes da confecção dos tijolos, a massa deve ser amassada vigorosamente, para evitar atrações elétricas entre a argila, fato que pode ser prejudicial à resistência mecânica futura do tijolo.

O amassamento pode ser feito de várias formas. Uma delas é simplesmente o amassamento com os pés, sendo o mais rudimentar. A enxada também pode ser utilizada. Estes são os métodos mais utilizados no Brasil e seus resultados são satisfatórios, além de não ser necessário nenhum equipamento. Oliveira (2003) afirma que o amassamento pode ser feito ainda com pipas rústicas, de tração animal, e utilizando betoneiras.

Depois de amassado o solo é posto em fôrmas de madeiras para a etapa final da fabricação dos tijolos. As fôrmas usadas para fabricação de adobe possuem tamanho variável dependendo da região. Além do tamanho, a quantidade de tijolos por fôrma também é variável, podendo ser de um, dois ou até 16 unidades por fôrma, como pode ser visto na Figura 2.6.

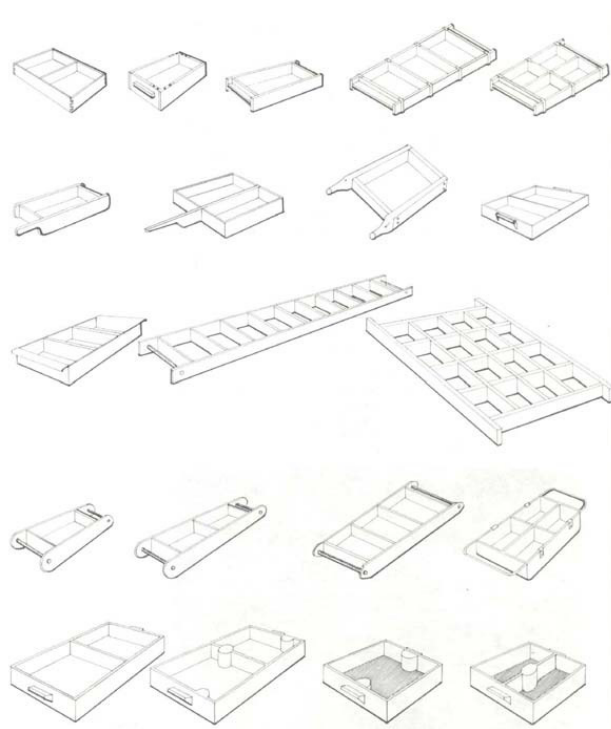


Figura 2.6: Modelos de adobe típicos.

Fonte: McHenry (1984 apud oliveira 2003)

Em relação à variabilidade do tamanho das fôrmas, na literatura estudada foram encontradas diversas dimensões, como podemos visualizar na Tabela 2.2.

Tabela 2.2– Dimensões de fôrmas

A (cm)	L (cm)	C (cm)
8	12	25
9	17	27
10	12	25
10	30	46
11	15	30
15	30	50

A = Altura

L = Largura

C = Comprimento

O tamanho do tijolo é importante na qualidade e na produtividade da execução das paredes. Fôrmas pequenas têm a vantagem de a qualidade do bloco ser melhor, porém a produtividade não ser tão boa. Fôrmas maiores têm boa produtividade, porém a qualidade do bloco pode ser comprometida.

As dimensões apresentadas na tabela acima forneceram bons resultados nas construções realizadas, de acordo com a literatura.

2.3.2 Técnica construtiva

Uma construção em adobe tem certas particularidades devido ao tipo de material utilizado, consistindo basicamente em subsistemas, sendo eles: fundação, elevação da alvenaria, instalações, coberta e revestimento da parede.

A fundação consiste na estrutura que irá distribuir as cargas provenientes da edificação ao terreno onde essa é construída. Esta é feita dependendo do material disponível, tendo várias opções, dentre elas: tijolo cerâmico, pedra de mão e bloco de concreto. A massa de assentamento é uma mistura do mesmo solo utilizado na fabricação dos tijolos.

McHenry (1984 apud oliveira 2003) afirma que é necessário ter cuidado para que os tijolos não absorvam água da massa de assentamento. Isso pode ocasionar uma diminuição da resistência do bloco, podendo gerar problemas estruturais. Para resolver este problema deve-se acrescentar na massa algum material que não permita que o tijolo tire água da mesma, podendo ser a cal ou o cimento.

Oliveira (2003) afirma que o traço ideal é 10 partes de areia lavada, 2 partes de pasta de cal e uma parte de terra por volume. O uso do cimento, apesar de melhorar as propriedades da parede, não é recomendado, pois encarece a estrutura e tira um pouco do seu caráter de construção sustentável, tendo em vista que o cimento é um material que causa degradação ambiental no seu processo de fabricação.

A argamassa utilizada no revestimento final da parede também pode ser feita com uso da terra usada na fabricação dos tijolos. Segundo Oliveira (2003) é inicialmente feita uma camada de estuque com a terra usada nos tijolos, de preferência acrescidos de material fibroso, como por exemplo, o capim, tendo alto teor de argila. Essa camada inicial tem a função de proteção da parede contra a chuva e também permite uma maior resistência da parede. Em seguida é feita uma segunda camada para o acabamento final da parede.

Oliveira (2003) afirma que o traço para a camada inicial pode ser 6 partes de areia, 1 parte de cimento e 0,5 parte de cal. Já para a camada final o traço pode ser 10 partes de areia, 1 parte de cimento e 0,5 parte de cal. Segundo Oliveira (2003), as paredes poderão receber pintura com diversos tipos de tinta, inclusive melhorando as propriedades da parede, conferindo a mesma menos deterioração por agentes externos, tais como: vento, chuvas dentre outros.

A coberta de edificações construídas em adobe é feita de forma bastante convencional, assim como nos demais sistemas construtivos de casas, sendo feito o madeiramento para receber as telhas cerâmicas.

As construções em adobe precisam de cuidados especiais para evitar o contato da água com as paredes, pois isso pode acarretar em patologias ao sistema construtivo. Para isso uma série de medidas é realizada durante a obra para garantir que não ocorrerá este tipo de problema.

Como citado anteriormente, o revestimento tem papel importante para evitar que o contato da água prejudique a parede. Outra medida é a construções de beirais extensos, que impeçam que a água das chuvas, principalmente quando estas ocorrem na presença de ventos, atinjam as paredes.

As aberturas de portas e janelas são realizadas paralelamente a elevação das paredes, sendo os forramentos das portas e janelas feitos de madeira. Nesse tipo de construção as portas e janelas também têm função de estrutura, contribuindo com o recebimento das cargas com as paredes, como cita Oliveira (2003).

Este procedimento para execução de construções em adobe varia muito de região para região, sendo regido pelos costumes dos moradores de determinadas localidades. O fato de usar cal, tijolos e até mesmo cimento depende da disponibilidade desses constituintes, porém é importante ressaltar que não são fundamentais para a construção, pois somente com a terra é possível fazer construções com qualidade.

2.3.3 Propriedades de construções em adobe

As edificações realizadas com adobe têm propriedades específicas que a tornam ainda mais atrativas para a sua utilização. Essas propriedades foram testadas e ensaiadas por diversos pesquisadores.

A resistência a compressão dos tijolos de adobe é satisfatória para realização de construções com segurança do ponto de vista estrutural. Os estudos de Motta (2004) revelam que a resistência média do bloco é de 2 MPa. Esse valor é semelhante à resistência do tijolo cerâmico comum, o que mostra que o sistema é competitivo nesse aspecto.

Soares (2008) mostra em seus estudos que a resistência a compressão do adobe pode ser elevada adicionando fibras de coco verde na mistura. A Figura 2.7 mostra esse acréscimo de resistência.

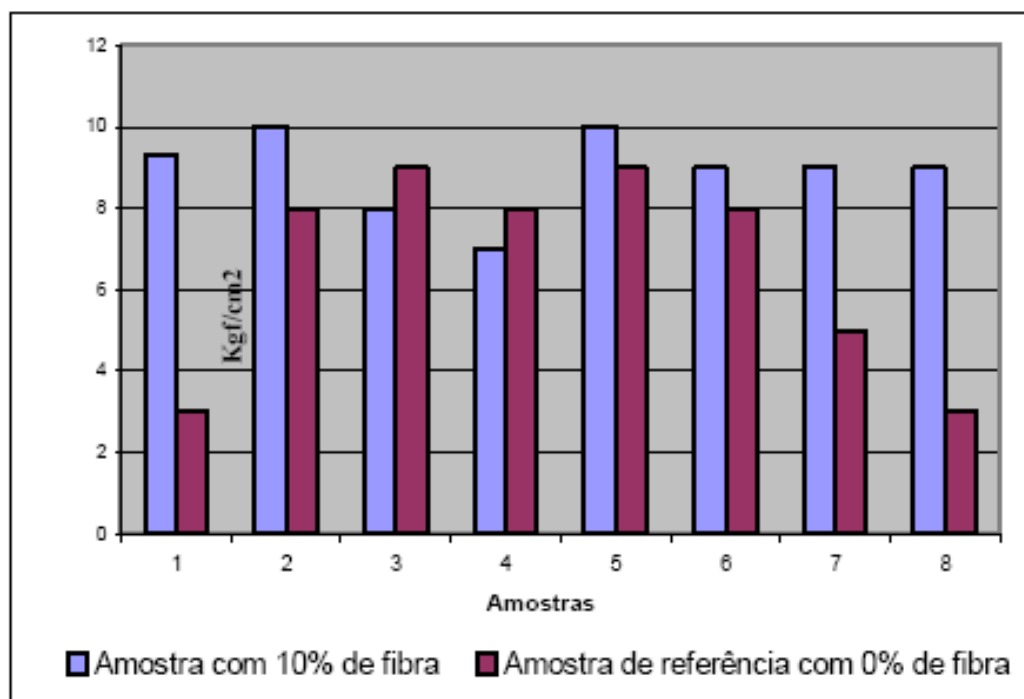


Figura 2.7: Acréscimo de resistência a compressão em tijolos de adobe com adição de fibra de coco.

Fonte: Soares (2008).

Esses resultados mostram que o tijolo de adobe pode atingir a resistência de 10 MPa, resultado esse que pode ampliar o campo de atuação desse tipo de construção, possibilitando no aumento da quantidade de pavimentos da edificação.

Outra propriedade importante das construções em adobe é a durabilidade. Martins (2004) afirma que essa propriedade pode ser verificada tendo em vista a inúmeras construções antigas ainda estarem em perfeitas condições e também foca na dificuldade de se desmanchar as paredes depois de executadas.

A boa resistência e durabilidade das edificações em adobe contrastam com a rejeição da população, principalmente no Brasil, onde há certo preconceito com essa técnica, pois existe a crença de que é um tipo de construção frágil. Porém os resultados de ensaios mostram que é um tipo de construção bastante sólida e duradoura.

Outra propriedade dessa técnica é o conforto térmico e acústico. Segundo Rodrigues (2006) “em termos técnicos, este tipo de construção apresenta propriedades higrotérmicas que contribuem para a regulação do conforto térmico e para a exploração de mecanismos com funcionamento bioclimático, devido à elevada inércia térmica apresentada e ainda às boas características relativamente ao isolamento acústico a sons aéreos, devido à massa associada às paredes resultantes”.

A capacidade de manter a temperatura interna agradável é uma característica que torna essa técnica mais atrativa, principalmente no Nordeste do Brasil onde as temperaturas são elevadas e a sensação térmica muito desagradável. Uma casa feita com tijolo cerâmico tem em seu ambiente interno uma sensação térmica mais desagradável do que uma feita de adobe.

2.3.4 Vantagens e desvantagens da utilização do adobe

Com base no que foi dito até o momento, é evidente que as qualidades das construções em adobe são bastante relevantes, e, dessa forma, podemos citar as suas principais vantagens, como segue abaixo:

- a) Simplicidade de execução – Não há necessidade de mão de obra qualificada e de equipamentos específicos;
- b) Agilidade – Possibilidade de grande velocidade de execução de casas, tendo em vista a facilidade da construção;
- c) Economia – Custos de produção do tijolo praticamente nulo e custo com mão de obra inferior a outras metodologias;
- d) Não degradação ambiental – O adobe não gera resíduo e praticamente não polui o meio ambiente;
- e) Sensação térmica e acústica – Devido às propriedades da matéria prima do tijolo de adobe, o ambiente interno das edificações é bastante agradável;

A principal desvantagem dessa metodologia é a preocupação com o contato da água com as paredes da edificação, que podem gerar patologias. Esse fato pode ser solucionado tomando-se as devidas precauções no período da construção.

2.4 Sustentabilidade das construções em adobe

Devido aos atuais problemas ambientais que a população mundial enfrenta, tal como o aquecimento global, a construção civil passa por uma fase de busca para solucionar este problema, procurando alternativas para diminuir o impacto das construções ao meio ambiente. O termo sustentabilidade refere-se à utilização da matéria prima sem comprometer as gerações futuras e o meio ambiente.

Morel et. al. (2001 apud Alexandria e Lopes 2008) afirma que “em toda parte do mundo, a indústria da construção civil é responsável por altos níveis de poluição do meio

ambiente, em decorrência da energia consumida durante as etapas de extração, processamento e transporte da matéria prima”.

Países em desenvolvimento, como o Brasil, contribuem ainda mais para este quadro, tendo em vista que as mudanças de ambientes são mais frequentes, e consequentemente a quantidade de obras também é maior.

Para amenizar os efeitos da construção civil é necessário que se busquem medidas de atender a população, sem degradar tanto o ambiente. Dessa forma, a busca por novas tecnologias construtivas e materiais que atendam a esse requisito é fundamental para a sustentabilidade.

Silva et. al. (2006) afirma que “São exemplos de materiais que tendem a aumentar a sustentabilidade: a madeira de florestas plantadas, o bambu, a terra crua, as palhas e materiais reciclados ou reaproveitados.

Dentro desse contexto de sustentabilidade, o adobe se enquadra como uma possível solução para construção de habitações, devido ao seu processo de fabricação e execução não serem prejudiciais ao meio ambiente.

Oliveira (2003) afirma que para suprir a necessidade de se utilizar materiais que não degradem o meio ambiente, o adobe pode ser uma solução devido a sua matéria prima, terra, fibras e água, serem abundante em todo o país, não tendo assim a possibilidade de deixarmos as gerações futuras comprometidas com a falta de um desses materiais.

Como citado anteriormente, a fabricação dos tijolos de adobe é um processo totalmente artesanal, não liberando nenhuma energia que possa prejudicar o meio ambiente. Esse fato é fundamental para o enfoque sustentável das construções em adobe, tendo em vista que a maioria dos materiais utilizados na construção civil tem em seus processos de fabricação a liberação de energias prejudiciais ao meio ambiente.

A disponibilidade de matéria prima aliada a não liberação de energia no processo de fabricação e de execução são características importantes do adobe, permitindo que o mesmo seja considerado uma solução sustentável.

Dessa forma, os estudos de aprimoramento dessa técnica tendem a evoluir cada vez mais e assim deve se tornar um sistema construtivo cada vez mais utilizado, tanto na zona rural como na zona urbana, sendo esta ultima a mais castigada pelos problemas ambientais e que necessita com mais urgência de soluções que minimizem esses impactos.

3 MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM ADOBE

Este capítulo apresenta o manual para construções em adobe, descrevendo as principais técnicas para a construção de edificações térreas, com base nos conhecimentos adquiridos na revisão bibliográfica.

3.1 1º passo - Escolha do local de retirada da terra

ANÁLISE PRELIMINAR DO SOLO

Escolha o local onde será retirada a terra. Este local deve ser próximo a obra. Retire a camada superficial de solo (30 a 40 cm). Despreze essa camada conforme Figura 3.1, pois ela não é adequada para a fabricação dos tijolos devido à presença de matéria orgânica.



Figura 3.1: Camada de solo a ser desprezada

ENSAIOS PARA VERIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO SOLO

Para saber se as propriedades do solo são adequadas para a sua utilização na fabricação dos tijolos de adobe, os seguintes ensaios devem ser realizados:

TESTE DA GARRAFA → Este ensaio é feito para verificar o percentual dos tipos de materiais encontrados no solo analisado.

Pegue uma garrafa com pelo menos 500 ml de volume, podendo ser uma garrafa pet (refrigerante, suco, etc.). Preencha $\frac{1}{4}$ da altura da garrafa com a terra e o restante com água

limpa. Vede a tampa da garrafa e agite vigorosamente a mesma. Deixe descansar por 1 hora e em seguida agite novamente. Agora deixe o conjunto em repouso por 24 horas. Após o repouso, meça a altura de cada camada da terra que se formou na garrafa e com isso calcule o percentual dessas camadas em relação ao total. A camada mais abaixo corresponde a areia enquanto as camadas superiores correspondem a silte e argila.



Figura 3.2: Teste da garrafa
Fonte: Varum (2002)

O ideal é que o solo esteja com um percentual de 20 a 30% de argila e 70 a 80% de areia / silte.

TESTE DO CHARUTO → Avalia a adequabilidade do solo para a fabricação de tijolos de adobe.

Retire os cascalhos da amostra. Misture água de forma que a terra não deixe molhar as mãos e deixe descansar por meia hora. Molde sobre uma superfície rígida (madeira, tijolo, mesa) um charuto de diâmetro de 3 cm. Empurre esse charuto lentamente para fora dessa superfície conforme Figura 3.3 até o charuto se partir. Meça o comprimento da parte que caiu. Faça o teste em 3 charutos e tire a média aritmética dos valores encontrados.



Figura 3.3: Teste do charuto
Fonte: Varum (2002)

O resultado ideal é que a média dos resultados obtidos esteja com valores entre 7 a 15 cm para a terra ser adequada para o uso na fabricação dos tijolos de adobe.

TESTE DA PASTILHA → Avalia de forma qualitativa a retração e a resistência a compressão.

Recupere a terra do ensaio do charuto. Molde com a ajuda de um pedaço de cano PVC 3 pastilhas conforme Figura 3.4. Deixe-as secar por no mínimo 24 horas. Verifique com uma régua se houve retração nas pastilhas. Aperte as pastilhas com o indicador e o polegar e observe a dificuldade para as mesmas se degradarem.

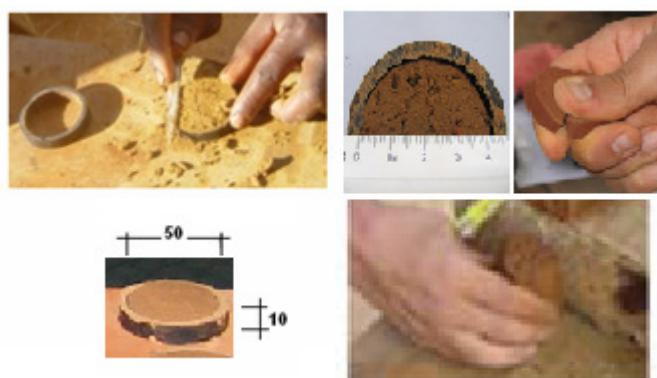


Figura 3.4: Teste da pastilha
Fonte: Varum (2002)

O ideal para a fabricação de tijolos de adobe é que a retração não ultrapasse 1 mm e que as pastilhas ofereçam dificuldade em se converter em pó.

Caso os resultados dos ensaios para verificação das propriedades do solo não estejam nos limites apresentados, o solo avaliado não é adequado para construir em adobe.

3.2 2º passo – Fabricação dos tijolos

CONFECÇÃO DAS FÔRMAS

Confeccione as fôrmas de madeira conforme os moldes da Figura 3.5. Pode-se acrescentar fórmica nas faces interiores das fôrmas para garantir um melhor acabamento dos tijolos. O molde apresentado na figura, nas dimensões de 7 (altura) x 22 (largura) x 40 (comprimento) centímetros é bastante utilizado e os resultados obtidos com sua utilização são satisfatórios.

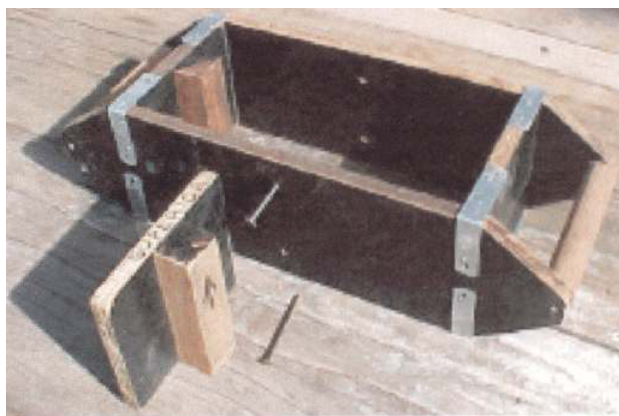


Figura 3.5: Fôrma para adobe – 7 cm de altura x 22 cm de largura x 40 cm de comprimento
Fonte: Oliveira (2003)

Para a amarração das paredes é interessante que sejam confeccionados meios adobes, com os moldes apresentados na Figura 3.6.



Figura 3.6: Fôrma para 4 meios adobes – 7 cm de altura x 22 cm de largura x 20 cm de comprimento
Fonte: Oliveira (2003)

AMASSAMENTO DA TERRA

Antes de moldar os tijolos a mistura deve ser amassada com a finalidade de homogeneizar a terra. Esse amassamento é feito acrescentando água até um ponto onde o tijolo possa ser moldado na fôrma e retirado sem que ocorra deterioração do mesmo. O amassamento pode ser realizado das seguintes formas:

- 1) Opção: Sem utilização de equipamentos: Caso não haja nenhum equipamento disponível, a mistura será amassada utilizando os pés.



Figura 3.7: Amassamento com os pés

Fonte: Oliveira (2003)

- 2) Opção: Utilizando equipamentos específicos: O amassamento poderá ser feito com a utilização de betoneira.




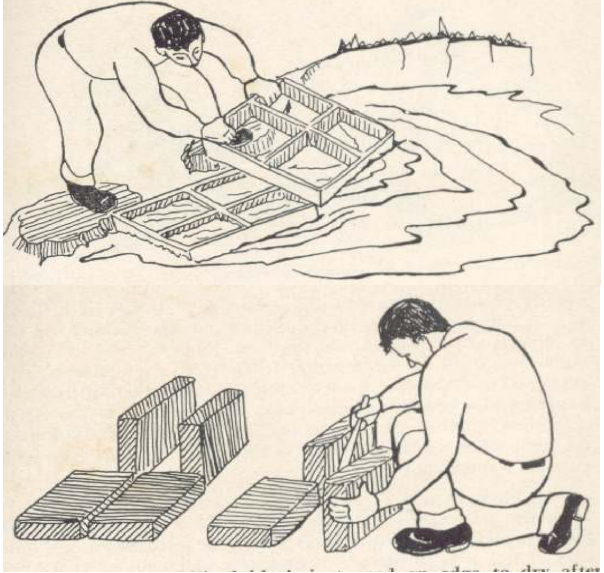
Figura 3.8: betoneira

Fonte: Wikipédia

MOLDAGEM DOS TIJOLOS

Após a mistura ser amassada os tijolos deverão ser moldados realizando os procedimentos indicados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1– Moldagem dos tijolos de adobe

	<p>Coloque as fôrmas em local com superfície plana, de preferência coberto, e aberto nas laterais para que ocorra ventilação. A superfície pode ser o próprio terreno regularizado ou um cimentado liso. Utilizando uma pá, Preencha as fôrmas com o solo já amassado.</p>
	<p>Utilizando as mãos molde a terra nas fôrmas até que preencha todo o espaço e a superfície superior fique plana, na altura da fôrma. Em seguida retire as fôrmas devagar para que os tijolos não sejam danificados.</p>
	<p>Agora limpe a superfície das fôrmas que já foram retiradas para reutilizá-las na fabricação de mais adobes. Alise as superfícies dos tijolos com uma espátula para melhorar o seu acabamento.</p>

SECAGEM DOS TIJOLOS

Após a moldagem, os tijolos passaram por um período de secagem ao sol. Deixe os tijolos em local totalmente aberto, em pé, para que estes sejam expostos ao sol por um período de 3 dias, virando-os a cada 24 horas. Depois dos 3 dias, deixe os tijolos a meia sombra até que estejam completamente secos.



Figura 3.9: Secagem dos tijolos ao sol

Para verificar se os tijolos estão completamente secos, utilize um objeto perfurante, podendo ser um canivete ou uma faca, e faça um furo para visualizar o seu interior, observando se está completamente seco. Em seguida os tijolos deverão ser armazenados em local protegido de chuvas e outros eventuais intempéries que possam ocorrer.

3.3 3º passo – Execução da fundação

A fundação é o sistema da obra que será responsável por transmitir as cargas da edificação ao terreno. Esta será feita dependendo da disponibilidade de materiais na localidade em que a obra será realizada.

1ª Opção – Fundação de pedra de mão

Escave a vala de 40 cm de largura e 50 cm de profundidade nos locais onde existirem paredes de adobe. Soque as pedras na vala até atingir o topo do terreno. Acima do terreno, utilize

argila para fazer uma camada de pedras de 30 cm de altura, para evitar o contato do adobe com a umidade do solo.



Figura 3.10: Fundação de pedra

2ª Opção – Fundação com tijolo cerâmico furado

Escave as valas de 40 cm de largura e 40 cm de profundidade nos locais onde serão feitas as paredes de adobe. Assente os tijolos de forma dobrada, conforme Figura 3.11 até o topo do terreno, em seguida faça o reaterro das valas. Acima do nível do terreno, faça uma camada de 40 cm de tijolos para evitar que as paredes de adobe entrem em contato com a umidade do solo.



Figura 3.11: Fundação em tijolo cerâmico

3.4 4º passo – Elevação das paredes

ELEVAÇÃO DAS PAREDES

A massa utilizada no assentamento dos tijolos deve ser a mesma utilizada em sua fabricação, sendo constituída de terra. Assente a primeira fiada de adobe diretamente sobre a fundação. Utiliza ferramentas específicas (linhas, prumo, esquadro) para garantir o prumo e o esquadro das paredes. Assente os tijolos construindo assim as paredes de acordo com o projeto arquitetônico. O Processo de elevação das paredes é similar ao de tijolo cerâmico, sendo as amarrações feitas de forma semelhante, como podemos observar na Figura 3.12.



Figura 3.12: Elevação das paredes
Fonte: Silva (2006)

3.5 5º passo – Esquadrias

ESQUADRIAS (PORTAS E JANELAS)

Na elevação das paredes, deixe os vãos livres onde existirem portas ou janelas, de acordo com projeto de arquitetura. Em cima desses vãos faça uma verga de madeira, podendo ser de barrote, mas de preferência de linha maçaranduba, para evitar fissuras devido às aberturas, conforme Figura 3.13. A verga deve ter um tamanho no qual passe 30 cm nas laterais da esquadria. Faça essa verga em todas as esquadrias.

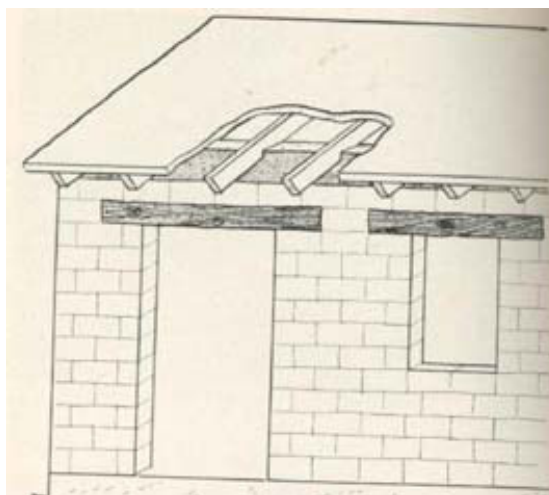


Figura 3.13: Vergas

Fonte: Oliveira (2003)

3.6 6º passo – Instalações

As instalações elétricas e hidrosanitárias são feitas embutidas nas paredes. Nos locais onde forem passar eletrodutos ou tubulação de água e esgoto, faça um rasgo na parede utilizando ferramentas adequadas. Chumbe essas tubulações com a argamassa do revestimento. Esta etapa deve ser feita antes da execução do revestimento para evitar desperdício de material.



Figura 3.14: Instalações

Fonte: Silva (2006)

3.7 7º passo – Coberta

A Coberta será feita com madeiramento e telha cerâmica. O madeiramento pode ser apoiado diretamente em cima das paredes de adobe. Em seguida são colocadas as telhas cerâmicas apoiadas sobre o madeiramento. Faça um beiral comprido, com pelo menos 60 centímetros de comprimento para evitar ao máximo que a água das chuvas entre em contato com as paredes de adobe. A fixação da madeira na parede de adobe pode ser feita com a massa utilizada no assentamento dos tijolos. Abaixo seguem algumas ilustrações de cobertas realizadas em obras de adobe.



Figura 3.15: Cobertas

Fonte: Lopes (2006)

3.8 8º passo – Acabamentos

O revestimento das paredes é composto de duas camadas.

1ª Camada → É feita diretamente sobre a parede de adobe e consiste numa mistura com a proporção de 3 de terra, 2 de areia peneirada e 1 de cal. Essa camada é semelhante ao chapisco feito em edificações convencionais.

2ª Camada → É feita sobre a 1ª camada com a proporção de 2 de areia e 1 de cal.

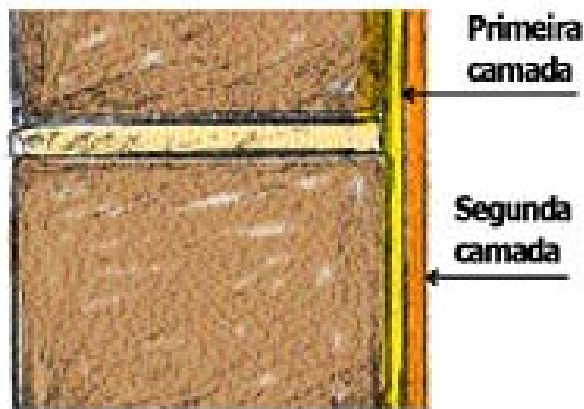


Figura 3.16: Revestimentos

A pintura pode ser feita com tinta a base de cal



Figura 3.17: Pintura a base de cal

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Análise Geral

Essa monografia tratou da proposição de um manual de construção em adobe, com o intuito de fornecer uma ferramenta para que as prefeituras e os moradores de municípios do Estado do Ceará, onde haja terra adequada para essa técnica construtiva, possam realizar projetos para construções de habitações para pessoas com baixa renda. O tema apresenta grande relevância tendo em vista que pode ser uma alternativa para solucionar o problema do déficit habitacional no Interior do Estado do Ceará.

O manual foi elaborado aliando os conceitos discutidos na revisão bibliográfica (capítulo 2) a práticas locais deste tipo de obra, ou seja, não desconsiderando assim os costumes já praticados, tendo em vista que muitas vezes fornecem resultados satisfatórios para esse tipo de construção. Para que esta prática local fosse observada, a viagem ao município de Pindoretama - Ce foi muito importante pois pudemos acompanhar uma obra em adobe em processo de construção.

O objetivo principal dessa monografia é a proposição de um manual de construção em adobe, adequando as práticas realizadas no Interior do Estado do Ceará, objetivo que foi alcançado no item 3 deste trabalho, onde foi apresentado o manual. Os objetivos específicos de fornecer estudo dos materiais e equipamentos necessários para construções em adobe e fornecer estudo sobre a sustentabilidade das construções em adobe foram atingidos no capítulo 2 – revisão bibliográfica.

Os demais objetivos específicos de fornecer uma síntese das etapas construtivas de uma construção em adobe, aliar costumes locais a conhecimentos técnicos e desenvolver um manual prático foram atingidos no capítulo 3 - manual de construções em adobe.

O manual apresentado neste trabalho consiste em uma melhoria para este tipo de construção, tendo em vista a falta de informações pelos responsáveis, podendo servir como uma importante ferramenta para uma maior utilização desta metodologia construtiva, e contribuindo assim para ajudar a combater o déficit habitacional no interior do estado do ceará.

4.2 Sugestões para trabalhos futuros

Com base no que foi apresentado neste trabalho, algumas melhorias podem ser feitas com o objetivo de um melhor funcionamento do manual. Uma delas é a criação de figuras mais ilustrativas das etapas do processo construtivo, tendo em vista que neste trabalho o manual foi constituído em sua maioria de fotos e figuras da bibliografia.

Outra melhoria que pode ser implementada ao manual é a inclusão de outras técnicas para o acabamento final das paredes, pois no trabalho foi citada somente a pintura a base de cal por ser a mais usada, porém existindo alternativas, dentre elas a pintura a base de terra, que pode ser bastante interessante para este tipo de construção.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FARIA, Obede B. Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana - SP). 2002, 200p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2002.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (Belo Horizonte, MG). **Déficit Habitacional Brasil 2006**. Belo Horizonte, 2008. p. 20.

KAWAMOTO, C. ; SAKAI, D ; CARPES, I. ; DANTAS, M. Curso de arquitetura e urbanismo. UFMS – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 2000.

KELLY, R. W. F **Energy efficiency in buildings in Brazil. CIB – Symposium on construction and environment**. São Paulo, Novembro de 2000. CIB PCC USP em CD_ROM.

LOPES, W. G. R. ; ALEXANDRIA, S. S. S. **A utilização do adobe no município de Uruçuí: técnica construtiva tradicional e sustentável**. Brasil - Florianópolis, SC. 2006. 10 p. **XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2006, Florianópolis.

LOPES, W. G. R. ; ALEXANDRIA, S. S. S. **A terra na construção civil: edificações de adobe no município de Pedro II, piauí**. Brasil - Florianópolis, SC. 2008. 10 p. **XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2008, Florianópolis.

LORENZETT, M. S. B. **A questão habitacional no Brasil**. Consultoria Legislativa da área XIII. Desenvolvimento Urbano, trânsito e transporte. 2001

MARTINS, F. M. Arquitetura vernacular de Goiás: análise de um patrimônio cultural. Dissertação de Mestrado. Brasília: UnB, 2004.

MINKE, G. Manual de Construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual. Montevideo: Nordan- comunidad. 222 p. 2001.

MOTTA, A. L. T. S. ; MACHADO, J. M. ; SCOVINO, P. F. **O resgate do adobe e sua adequação a necessidade de construções contemporâneas.** In: 2º Congresso Nacional da Construção, 2004, Cidade do Porto. CONSTRUÇÃO 2004, 2004. v. 1.

OLIVEIRA, L. B. Arquitetura e Sustentabilidade: perspectivas, dificuldades e propostas. Dissertação de Mestrado. Brasília: UnB, 2003.

PISANI, M. A. J. Taipas: Arquitetura de Terra. CFG Brasil: Cultura y Arquitectura de La diversidad. São Paulo. 2007.

RODRIGUES, P. F. Construções em terra crua: tecnologias, potencialidades e patologias. Faculdade de ciências e tecnologia – Universidade Nova de Lisboa. 2006.

SILVA, F. M. G. ; BARRETO, M. G. C. ; SHIMBO, I. ; INO, A. ; FARIA, O. B. Análise das etapas construtivas de uma habitação rural com paredes estruturais em adobe. Caso: Assentamento rural Piratuba II (Itapeva-SP). Brasil - Florianopolis, SC. 2006. 10 p. **XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2006, Florianópolis.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua.** Dissertação de mestrado em saúde pública. Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz. 2000.

SOARES, R. N. ; SILVA, A. C. ; PINHEIRO, J. C. tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia rural. 2008.

VARUM, H. ; CONSTA, A. ; SILVEIRA, D. ; CARVALHO, D. ; SILVA, L. Caracterização dos solos e adobes usados na construção em Camabatela, Angola. 2002.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_de_terra

Acessado em 13/06/2009